

Seleksi Tanaman Tomat Berdasarkan Ketahanan Pasif dan Aktif terhadap CMV

Gaswanto, R., N. Gunaeni, dan A.S. Duriat

Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jl. Tangkuban Parahu 517, Lembang, Bandung 40391
Naskah diterima tanggal 18 Maret 2008 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 5 Oktober 2009

ABSTRAK. Tujuan penelitian ialah menentukan cara seleksi yang efektif ketahanan tanaman secara pasif maupun aktif terhadap CMV untuk mendukung program pemuliaan tanaman tomat. Penelitian terdiri atas 2 tahap. Tahap pertama dilakukan pada Juni-Desember 2001 dan tahap kedua dilakukan pada September 2002- Agustus 2003. Penelitian dilakukan di Balai Penelitian Tanaman Sayuran Lembang (1.200 m dpl.). Hasil penelitian menunjukkan bahwa seleksi ketahanan pasif tanaman tomat terhadap CMV efektif apabila diarahkan pada karakter morfologi daun. Tanaman yang tahan CMV memiliki karakteristik jumlah daun yang sedikit, tetapi berbulu lebat dengan jumlah stomata banyak. Seleksi ketahanan aktif tanaman tomat terhadap CMV efektif bila didasarkan pada indeks penyakit secara visual yang ditunjang dengan teknik serologi melalui uji ELISA, karena tingginya peran gen aditif dalam mengendalikan karakter konsentrasi virus.

Katakunci: *Lycopersicon esculentum*; *Cucumber mosaic virus*; Heritabilitas; Morfologi daun.

ABSTRACT. Gaswanto, R., N. Gunaeni, and A.S. Duriat. 2009. **Tomato Selection Based on Passive and Active Resistancy to CMV.** The aim of this experiment was to determine the effective selection method either using active or passive resistancy to CMV on tomato, for supporting tomato breeding program. The experiment was conducted at Indonesian Vegetable Research Institute, Lembang consisted of 2 steps. The first step was conducted on June to December 2001, while the second step was held on September 2002 to August 2003. The results showed that passive resistance selection to CMV on tomato would be effective if it was focused on the characters of leaf morphology. The plants resistant to CMV had fewer leaf number, dense leaf pubescence, and abundance of stomata numbers. Meanwhile, active resistance selection would be effective if it was based on index disease symptom supported by ELISA test, because of high role of additive gene in controlling virus concentration.

Keywords: *Lycopersicon esculentum*; *Cucumber mosaic virus*; Heritability; Leaf morph type.

Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) merupakan salah satu sayuran penting di Indonesia. Selain dikonsumsi segar, buah tomat juga digunakan sebagai bahan baku industri makanan olahan, pewarna, kosmetik, dan obat-obatan. Banyaknya kegunaan buah tomat menyebabkan permintaan setiap tahun cenderung meningkat. Data statistik hortikultura menunjukkan bahwa produksi buah tomat di Indonesia pada tahun 2005 sebesar 647.020 t (12,64 t/ha) atau sekitar 7,11 % dari total produksi sayuran di Indonesia, sementara data statistik pada tahun 2006 menunjukkan bahwa produksi buah tomat di Indonesia sebesar 421.397 t (11,77 t/ha). Hal ini menunjukkan penurunan produksi pada periode tahun 2005-2006. Oleh karena itu perlu upaya peningkatan produksi secara efektif (Direktorat Jenderal Hortikultura 2006, Badan Pusat Statistik 2006).

Laporan dari berbagai negara, termasuk Indonesia menyebutkan bahwa salah satu penyebab rendahnya hasil panen tomat adalah

serangan virus mosaik ketimun (*cucumber mosaic virus*=CMV). Virus mosaik ketimun merupakan patogen utama pada berbagai jenis sayuran, khususnya cabai dan tomat (Duriat *et al.* 1992). Di Taiwan, CMV menyebabkan kerugian ekonomis pada paprika, tomat, gladiol, dan pisang (Hsu *et al.* 1989 dalam Rahardjo *et al.* 2005). Virus ini dapat menyerang tanaman sebagai penyakit tunggal atau berasosiasi dengan virus lain. Infeksi CMV dapat menyebabkan penurunan hasil sebesar 30-60%, bahkan menurut Waterworth (1979) dalam Muharam (1987) infeksi CMV pada tanaman tomat yang sangat muda dapat menyebabkan kerusakan sampai 100%. Di alam, CMV ditularkan oleh 60 jenis aphid secara non persisten. Menurut Smith (1972 dalam Sutarya *et al.* 1996) penularan CMV yang paling efisien melalui kutu daun *Myzus persicae*.

Salah satu metode pengendalian yang efektif terhadap virus tersebut adalah dengan penggunaan kultivar resisten (Nono Wondim *et al.* 1991). Menurut Greenleaf (1986), mekanisme resistensi

tanaman terhadap virus diinduksi secara morfologi (ketahanan pasif) dan secara genetik (ketahanan aktif). Resistensi secara morfologi terjadi akibat ketidaksukaan (*nonpreference*) aphid sebagai serangga vektor terhadap karakteristik morfologi daun tanaman inang tomat, sehingga tanaman tomat dapat terhindar dari infeksi CMV. Hal ini diperkuat juga dengan bukti pada tanaman kapas yang memiliki jumlah bulu lebih banyak cenderung lebih tahan terhadap serangan hama pengisap daun *Amrasca biguttula* (Indrayani *et al.* 2007).

Resistensi secara genetik terjadi akibat tanaman mampu membatasi perkembangan virus pada sel terinfeksi, sehingga virus tidak menyebar pada sel yang lain. Menurut Gaswanto *et al.* (2004) ketahanan tomat terhadap CMV dikendalikan oleh 2 buah gen mayor yang bersifat resesif epistasis. Gen ketahanan aktif ini menekan tingkat konsentrasi virus dalam tanaman, sehingga ekspresi gejala CMV tidak muncul. Namun sejauh ini, mekanisme pengendalian ketahanan aktif dari tanaman tomat terhadap CMV belum diketahui secara pasti, walaupun beberapa informasi menyebutkan adanya hubungan tingkat ketahanan aktif terhadap CMV dengan enzim peroksidase (Andreeva 1989). Untuk dapat melakukan seleksi gen ketahanan aktif dari tanaman tomat terhadap CMV secara optimal, maka sebaiknya dipelajari terlebih dahulu pewarisan sifat (heritabilitas) ketahanan aktif, di samping juga mengetahui perkiraan karakteristik morfologi daun (jumlah daun, luas daun, jumlah bulu daun, jumlah stomata, dan warna daun) yang tidak disukai oleh aphid vektor CMV sebagai bentuk ketahanan pasif.

Tujuan penelitian ialah menentukan cara seleksi ketahanan tanaman secara pasif maupun aktif yang efektif untuk mendukung program pemuliaan ketahanan tanaman tomat terhadap CMV.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di dalam Rumah Sere Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang (1.200 m dpl.) yang dibagi ke dalam 2 tahap. Tahap 1, penelitian tentang tingkat preferensi aphid vektor CMV terhadap karakteristik morfologi daun aksesori tomat (Juni-Desember 2001). Tahap 2, penelitian tentang pewarisan

sifat pengendali ketahanan tomat terhadap CMV sebagai bentuk ketahanan aktif (September 2002-Agustus 2003).

Bahan yang digunakan untuk penelitian tahap pertama adalah 50 nomor aksesori tomat koleksi bagian Pemuliaan Tanaman, Balitsa Lembang, sedang untuk tahap kedua terdiri atas 2 nomor aksesori tomat dengan status agak tahan (LV-4491) dan rentan (LV-2257) terhadap strain virus CMV-2 IVEGRI (Gaswanto *et al.* 2004).

Tahapan pelaksanaan kegiatan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Penelitian tahap pertama. Pelepasan sekitar 500 ekor aphid (*M. persicae*) yang telah dipuasakan (*no feeding*) selama 1 jam dilakukan di tengah lingkaran berdiameter 100 cm yang dikelilingi bibit tomat berumur 4 minggu setelah semai dari 50 nomor aksesori tomat. Jumlah vektor yang hinggap pada tiap nomor aksesori tomat dihitung per waktu tertentu. Untuk tingkat penularan CMV secara *nonpersisten*, dihitung mulai pada menit ke-5, 30, dan 60. Menit ke-5 merupakan batas makan inokulasi (*inoculation feeding*), sedang menit ke-60 merupakan batas waktu aphid menularkan CMV. Pengelompokan tanaman berdasarkan preferensi vektor, yaitu (1) tidak disukai (0 ekor/tanaman), (2) agak tidak disukai (1-5 ekor/tanaman), (3) disukai (6-10 ekor/tanaman), dan (4) sangat disukai (>10 ekor/tanaman). Untuk mengetahui perkiraan hubungan antara tingkat preferensi aphid dengan karakteristik morfologi daun, maka dilakukan pengamatan terhadap 9 nomor aksesori terpilih yang mewakili tiap kelompok preferensi dengan peubah rerata: (1) jumlah daun per tanaman dihitung dari daun bawah sampai pucuk dengan kriteria sedikit (10-13 helai), sedang (14-17 helai), dan banyak (≥ 18 helai), (2) luas daun (cm²) diukur menggunakan alat *leaf area meter* pada daun atas, tengah, dan bawah, (3) jumlah bulu daun dan jumlah stomata dihitung per cm² luas daun di bawah mikroskop binokuler pada pembesaran 40.000 kali, dan (4) warna daun diamati secara visual dan dikelompokkan pada 3 kategori warna yaitu hijau tua, hijau, dan hijau muda. Waktu pengukuran peubah tersebut dilakukan pada saat tanaman mulai berbunga. Untuk melihat hubungan antara peubah yang diamati dengan

Tabel 1. Penentuan indeks gejala penyakit tanaman tomat yang diinokulasi CMV-2 (*Determination of disease symptom index on the CMV-2 inoculated tomato*)

Skor (Scoring)	Gejala (Symptoms) *)
0	Tidak ada gejala (<i>No symptoms</i>)
1	Tanaman menunjukkan gejala mosaik ringan (<10% daun belang) (<i>Plant show mild mosaic symptoms</i>) (<10% <i>leaf mottling</i>)
2	Tanaman menunjukkan gejala mosaik sedang (≤50% daun belang) (<i>Plant show moderate mosaic symptoms</i>) (≤50% <i>leaf mottling</i>)
3	Tanaman menunjukkan gejala mosaik berat, namun tidak terjadi malformasi (>50% daun belang) (<i>Plant show severe mosaic symptoms but no malformation</i>) (>50% <i>leaf mottling</i>)
4	Tanaman menunjukkan gejala mosaik berat dan mengalami malformasi, kerdil, dan mati (<i>Plant show severe mosaic symptoms, malformation, dwarf, and dying</i>)

*) Gejala diamati pada daun termuda yang telah berkembang penuh (*Symptoms was observed from the fully youngest leaf*)

tingkat preferensi aphid dilakukan uji regresi-korelasi linier berganda, sedangkan untuk menganalisis pengaruh warna daun digunakan uji McNemar (Conover 1980).

- Penelitian tahap kedua. Persilangan antara LV-4491 (tetua jantan) dengan LV-2257 (tetua betina) dan resiproknya, sehingga mendapatkan benih generasi F_1 dan F_{1R} . Selanjutnya benih generasi F_1 ditanam pada polibag. Saat fase pembungaan sebagian bunga dilakukan penyerbukan sendiri (*selfing*) untuk mendapatkan benih generasi F_2 dan sebagian lagi dilakukan silang balik (*back cross*) dengan tetua agak tahan (LV-4491) untuk mendapatkan benih generasi $BC_{1,1}$, maupun dengan tetua rentan (LV-2257) untuk mendapatkan benih generasi $BC_{1,2}$. Materi benih-benih tersebut selanjutnya ditanam dan diinokulasi CMV-2 pada fase rentan, yaitu fase bibit (± 2 minggu setelah semai) dengan mengusapkan inokulum pada kotiledon yang ditaburi *carborundum* 600 mesh secara hati-hati. Populasi materi tersebut masing-masing sebanyak 10 tanaman untuk LV-2257, LV-4491, F_1 , dan F_{1R} , 25 tanaman untuk $BC_{1,1}$ dan $BC_{1,2}$, serta 191 tanaman untuk F_2 . Untuk memastikan seluruh tanaman dapat terinfeksi dilakukan reinokulasi seminggu kemudian. Pengamatan dilakukan secara visual dengan menilai tingkat gejala penyakit (Tabel 1) dan secara serologi dengan uji ELISA untuk mengetahui konsentrasi virus pada 25 hari setelah inokulasi (HSI). Uji ELISA dilakukan secara tidak langsung (*indirect*) dengan pembacaan reaksi pada *elisa reader* dalam panjang gelombang $A_{405\text{ nm}}$. Nilai duga

heritabilitas ketahanan aktif tanaman tomat terhadap CMV dalam arti luas dan sempit dihitung menggunakan rumus (Allard 1960 dan Warner 1952 dalam Purwati 1993):

$$h^2_{bs} = \frac{\delta^2 F_2 - (\delta^2 F_1 + \delta^2 P_1 + \delta^2 P_2) / 3}{\delta^2 F_2}$$

$$h^2_{ns} = \frac{2 \delta^2 F_2 - (\delta^2 BC_{1,1} + \delta^2 BC_{1,2})}{\delta^2 F_2}$$

di mana: $\delta^2 P_1, \delta^2 P_2, \delta^2 F_1, \delta^2 F_2, \delta^2 BC_{1,1}, \delta^2 BC_{1,2}$ berturut-turut adalah varians populasi $P_1, P_2, F_1, F_2, BC_{1,1}, BC_{1,2}$

Nilai duga daya waris dianggap rendah bila $h^2 < 0,2$, sedang bila $0,2 \leq h^2 \leq 0,5$, dan tinggi bila $h^2 > 0,5$ (Stanfield 1983 dalam Kartikaningrum dan Effendie 2005).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Preferensi Aphid Vektor CMV terhadap 50 Nomor Aksesori Tomat serta Perkiraan Hubungan dengan Karakteristik Morfologi Daun (Analisis Ketahanan Pasif)

Jumlah populasi aphid per tanaman berubah secara dinamis sejalan dengan bertambahnya waktu. Namun hasil pengelompokan aksesori tomat berdasarkan tingkat preferensi yang mengacu pada rerata jumlah populasi aphid yang hinggap pada masing-masing aksesori selama 60 menit sejak pelepasan adalah sebagai berikut. (1) tidak ada satu pun nomor aksesori tomat yang masuk dalam kategori tidak disukai aphid (0 ekor/tanaman),

(2) sembilan nomor aksesori tomat masuk dalam kategori agak tidak disukai aphid (1-5 ekor/tanaman), yaitu: 4444, CLN 2026-3, CL 6064, TKU, 3075, 1430, 4377, 4574, 4673, (3) enam nomor aksesori tomat masuk kategori disukai aphid (6-10 ekor/tanaman), yaitu 3081, 4491, 4584, 1184, 1217, 1829, dan (4) 35 sisa nomor aksesori tomat masuk kategori sangat disukai aphid (>10 ekor/tanaman) (Tabel 2). Untuk mengetahui hubungan antara tingkat preferensi aphid dengan karakteristik morfologi daun dilakukan pengamatan terhadap 9 nomor aksesori terpilih yang mewakili tiap kelompok preferensi, yaitu: CLN 2026-3, CL 6064, TKU, 1184, 1217, 1829, F₁ PT 4225, 823, dan 1927.

Hasil pengamatan terhadap karakteristik morfologi daun dari 9 nomor aksesori tomat terpilih, dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan rerata dari karakteristik morfologi daun yang diamati ada kecenderungan, bahwa aphid vektor CMV menyukai aksesori tanaman tomat yang mempunyai jumlah daun banyak (>18 helai), tetapi memiliki jumlah bulu daun dan jumlah stomata sedikit. Hal tersebut mungkin ada kaitannya dengan semakin banyak jumlah daun, akan semakin banyak bagian tanaman yang dapat dihisap oleh aphid, sebaliknya semakin banyak jumlah bulu daun dan stomata akan semakin menyulitkan bagi aphid untuk menghisap cairan daun.

Sementara itu karakter luas daun kurang berpengaruh terhadap tingkat preferensi aphid terhadap jenis tanaman tomat. Hal itu ditunjukkan oleh kelas kesukaan aphid berdasarkan nilai rerata luas daun yang berkisar antara kategori agak tidak disukai, disukai, dan sangat disukai (Tabel 3). Untuk itu, pengaruh karakter luas daun masih harus dikaji lebih lanjut mengingat jumlah galur yang diamati hanya 9 nomor. Hal yang sama terjadi pada karakter warna daun (hijau muda – hijau). Hasil uji McNemar menunjukkan bahwa tingkat preferensi aphid tidak dipengaruhi oleh karakter warna daun (Tabel 4). Hal ini mungkin sejalan dengan hasil penelitian lain yang melaporkan bahwa aphid lebih menyukai warna kuning (Prabaningrum dan Moekasan 1996).

Analisis regresi linier berganda antara variabel rerata jumlah aphid yang hinggap 60 menit sejak pelepasan (Y) dengan rerata jumlah daun (X₁), rerata luas daun (X₂), rerata jumlah bulu daun per cm² (X₃), dan rerata jumlah stomata daun per cm² (X₄) menghasilkan persamaan:

$$Y = 4,7998 + 1,0646 X_1 + 1,0719 X_2 - 1,2269 X_3 - 1,9313 X_4 \text{ dengan nilai } F_{\text{hit}} = 1,40 < F_{\text{tab } 0,05} = 6,39 \text{ dan nilai } R^2 = 0,583$$

Hal itu mengindikasikan bahwa model regresi yang diuji kurang cocok untuk data yang dianalisis, karena hanya sekitar 58,30% dari variabel rerata jumlah aphid yang hinggap pada tanaman tomat, dapat dijelaskan oleh karakteristik morfologi daun tanaman tomat (jumlah daun, luas daun, jumlah bulu daun, dan jumlah stomata daun).

Hasil analisis korelasi (Tabel 5) untuk melihat keeratan hubungan 4 variabel bebas (X₁, X₂, X₃, X₄) dengan variabel tidak bebas (Y) menunjukkan bahwa tidak satu pun koefisien korelasi sederhana yang berbeda nyata ($r_{\text{hit}} < r_{\text{tab } 0,05} = 0,666$). Hal ini berarti bahwa semua karakteristik morfologi daun yang diamati (jumlah daun, luas daun, jumlah bulu daun, jumlah stomata daun, dan warna daun) dalam percobaan ini tidak dapat dijadikan sebagai acuan untuk perkiraan preferensi aphid, karena jumlah populasi tanaman per nomor yang kecil (5 tanaman). Namun demikian, penelitian sebelumnya mengindikasikan adanya korelasi positif antara jumlah aphid yang hinggap dengan peubah jumlah dan luas daun, serta korelasi negatif antara jumlah aphid yang hinggap dengan peubah jumlah bulu dan stomata daun. Maka karakteristik morfologi daun tersebut dapat digunakan sebagai indikator untuk memiliki genotip tomat yang tidak disukai aphid dalam program pemuliaan untuk ketahanan tanaman tomat terhadap CMV. Oleh karena itu, perakitan varietas tomat perlu diarahkan pada morfologi daun tanaman tomat yang mempunyai karakter jumlah daun yang sedikit tetapi berbulu lebat dan mempunyai stomata yang banyak. Karakter tersebut tidak disukai aphid vektor CMV. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian Thomson (1987 dalam Indrayani *et al.* 2007) yang melaporkan bahwa di beberapa negara Afrika dan Asia, frekuensi bulu daun sudah sejak lama digunakan sebagai kriteria seleksi dalam perakitan varietas kapas tahan pengisap daun *A. biguttula*.

Nilai Duga Daya Waris Gen Ketahanan Aktif Tanaman Tomat terhadap CMV (Ketahanan Aktif)

Pewarisan sifat (heritabilitas) merupakan tolak ukur yang menentukan perbedaan penampilan suatu karakter disebabkan oleh faktor genetik

Tabel 2. Jumlah populasi aphid pada 50 nomor aksesori tomat sejak pelepasan (*Number of aphid population on 50 tomato accessions after has been released*)

Aksesori (Accession)	Jumlah aphid (<i>Aphid number</i>) (Ekor / Unit)			Rerata (Mean)
	Menit ke-5	Menit ke-30	Menit ke-60	
	(in 5 th minutes)	(in 30 th minutes)	(in 60 th minutes)	
1426	10	28	28	22,00
1450	9	29	33	23,67
1831	39	61	63	54,33
1923	34	51	45	43,33
1927	61	47	68	58,67
1941	179	189	125	164,33
2204	43	40	30	37,67
2208	6	35	16	19,00
2245	34	65	63	54,00
2257	16	19	13	16,00
3073	18	27	19	21,33
3075	6	2	2	3,33
3077	8	15	9	10,67
3081	3	9	7	6,33
3083	2	20	13	11,67
4377	3	9	1	4,33
4444	0	1	2	1,00
4491	0	8	9	8,67
4496	14	63	63	46,67
4507	18	35	28	27,00
4574	5	6	3	4,67
4584	7	6	4	5,67
4673	4	7	4	5,00
4765	14	19	23	18,67
4968	2	12	20	11,33
4974	13	21	21	18,33
5015	14	19	16	16,33
5016	36	54	41	43,67
5040	4	16	35	18,33
5048	17	31	44	30,67
762	15	30	49	31,33
823	30	80	78	62,67
898	7	15	27	16,33
1039	2	9	20	10,33
1176	3	6	32	13,67
1184	1	6	21	9,33
1217	2	6	17	8,33
1430	0	1	10	3,67
1646	14	32	33	26,33
1829	0	2	23	8,33
TKU	0	1	7	2,67
Peto 86	28	63	62	51,00
CL 6064	0	3	5	2,67
CLN 2026-3	0	0	4	1,33
CLN 399	39	76	111	75,33
CLN 294	8	10	27	15,00
LV 3644	14	21	33	22,67
F1 PT 4225	76	47	78	67,00
F1 FMTT 138	23	10	27	20,00
Intan	81	119	187	129,00

Tabel 3. Karakteristik morfologi daun dari 9 nomor aksesori tomat terpilih berdasarkan tingkat preferensi aphid (*Leaf morphological type of 9 selected tomato accessions based on aphid preference level*)

Kategori (Category)	Nomor aksesori (No of accessions)	Rerata jumlah aphid (Mean of aphid number) Ekor (Unit) (a)	Rerata jumlah daun (Mean of leaf number) Buah (Unit) (b)	Rerata luas daun (Mean of leaf area) cm ² (c)	Rerata jumlah bulu daun/cm ² (Mean of leaf pubescence number/cm ²) Buah (Unit) (d)	Rerata jumlah stomata daun/cm ² (Mean of stomata number/cm ²) Buah (Unit) (e)	Warna daun (Leaf blade color)
Agak tidak disukai (Rather no preferred)	CLN 2026-3	0,37 (1,33)	1,11 (13,00)	1,67 (46,62)	3,72 (5.300,00)	1,34 (22,00)	Hijau muda (Light green)
	CL 6064	0,56 (2,67)	1,11 (13,00)	1,85 (71,54)	3,71 (5.097,00)	1,34 (22,00)	Hijau (Green)
	TKU	0,56 (2,67)	1,20 (16,00)	1,88 (75,65)	3,84 (6.882,00)	1,43 (27,00)	Hijau muda (Light green)
Disukai (Preferred)	Rerata (Average)	0,51 (2,22)	1,15 (14,00)	1,81 (64,60)	3,76 (5.759,67)	1,37 (23,67)	
	1184	1,01 (9,33)	1,20 (16,00)	1,67 (46,33)	3,47 (2.919,00)	1,30 (20,00)	Hijau (Green)
	1217	0,97 (8,33)	1,11 (13,00)	1,65 (44,99)	3,49 (3.080,00)	1,30 (20,00)	Hijau (Green)
	1829	0,97 (8,33)	1,26 (18,00)	1,80 (63,39)	3,67 (4.687,00)	1,18 (15,00)	Hijau (Green)
Sangat disukai (Very preferred)	Rerata (Average)	0,98 (8,66)	1,19 (15,67)	1,71 (51,57)	3,55 (3.562,00)	1,26 (18,37)	
	F1 PT 4225	1,83 (67,00)	1,32 (21,00)	2,04 (108,84)	3,59 (3.891,00)	1,23 (17,00)	Hijau muda (Light green)
	823	1,80 (62,67)	1,15 (14,00)	1,73 (53,18)	3,63 (4.260,00)	1,30 (20,00)	Hijau (Green)
	1927	1,77 (58,67)	1,26 (18,00)	1,91 (80,89)	3,14 (1.393,00)	1,26 (18,00)	Hijau (Green)
	Rerata (Average)	1,80 (62,78)	1,25 (17,67)	1,91 (80,97)	3,50 (3.181,33)	1,26 (18,33)	

- Angka dalam kurung merupakan data sebelum ditransformasi (Number in the bracket were data before transformed)

- (a) : Transformasi data (*Data transform*) : log (x + 1)

- (b), (c), (d), dan (e) : Transformasi data (*Data transform*) : log (x).

Tabel 4. Hasil uji McNemar antara warna daun dengan tingkat preferensi aphid (Result of McNemar test between leaf blade color with aphid preference level)

Warna daun (Leaf blade color)	Kriteria (Criteria)		Total (Total)	Nilai T (T value)	
	Tidak disukai s.d. agak tidak disukai (No preferred up to nonpreferred)	Disukai s.d. sangat disukai (Preferred to very preferred)		Hitung (Calculated)	Tabel (Table) $\alpha_{0,05}$
Hijau (Green)	1	5	6		
Hijau muda (Light green)	2	1	3	2,25 ^{tn(ns)}	3,84
Total (Total)	3	6	9		

Tabel 5. Koefisien korelasi (r) antara rerata jumlah daun (X_1), luas daun (X_2), jumlah bulu daun (X_3), dan jumlah stomata daun (X_4) dengan rerata jumlah aphid yang hinggap selama 60 menit sejak pelepasan (Y) (Coefficient correlation (r) between average of leaf number (X_1), leaf area (X_2), leaf pubescence number (X_3), and stomata number (X_4) with average of aphid number for 60 minute after released (Y))

Variabel bebas (Independent variable) (X)	Variabel tak bebas (Dependent variable) (Y)	$r_{\text{tab } 0,05 \text{ (db = 7)}}$
Jumlah daun (Leaf number) (X_1)	0,594 ^{tn(ns)}	0,666
Luas daun (Leaf area) (X_2)	0,422 ^{tn(ns)}	
Jumlah bulu daun (Leaf pubescence number) (X_3)	(-) 0,597 ^{tn(ns)}	
Jumlah stomata daun (Stomata number) (X_4)	(-) 0,559 ^{tn(ns)}	

atau lingkungan. Ada 2 macam pewarisan sifat, yaitu daya waris arti luas (h^2 bs) dan arti sempit (h^2 ns). Pewarisan sifat arti luas mempertimbangkan keragaman total dalam kaitan dengan keragaman fenotipiknya, sedang pewarisan sifat arti sempit yang dipertimbangkan adalah keragaman yang disebabkan oleh peran gen aditif sebagai bagian dari keragaman genetik total. Dalam suatu persilangan, tetua mewariskan sifat kepada keturunan melalui pemindahan gen, maka pewarisan sifat arti sempit menjadi lebih penting. Nilai duga pewarisan sifat nantinya sangat berpengaruh terhadap keefektifan seleksi. Semakin tinggi nilai duga heritabilitas suatu karakter, maka seleksi karakter target tersebut lebih efektif.

Hasil pengamatan tingkat gejala penyakit dan nilai pembacaan reaksi uji ELISA pada panjang gelombang $A_{405 \text{ nm}}$ dari tanaman tomat yang diinokulasi CMV-2 dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7. Nilai absorbansi bukan merupakan

nilai konsentrasi virus secara langsung, tetapi mencerminkan indikator keberadaan virus. Berdasarkan data pada Tabel 6 dan 7 diketahui bahwa semakin tinggi tingkat gejala penyakit, nilai absorbansinya juga meningkat. Intensitas penyakit dan konsentrasi virus pada tanaman F_1 hasil persilangan LV-4491xLV-2257 terletak di antara kedua tetuanya. Berdasarkan hasil uji beda nilai tengah (uji t) pada taraf 5% antara nilai tengah F_1 dengan resiproknya (F_{1R}) untuk tingkat gejala penyakit dan konsentrasi virus menunjukkan tidak ada perbedaan nyata dari keduanya ($t_{\text{hit}}=0,20^m < t_{\text{tab}}=2,10$ dan $t_{\text{hit}}=0,62^m < t_{\text{tab}}=2,10$). Hal ini membuktikan bahwa efek indung (*maternal effect*) tidak terjadi pada kedua karakter tersebut dan gen pengendalinya berada dalam inti sel.

Pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa nilai duga heritabilitas arti luas (h^2 bs) untuk peubah tingkat gejala penyakit (0,51) dan konsentrasi virus (0,68) termasuk dalam kategori tinggi ($h^2 > 0,50$) (Stanfield

Tabel 6. Hasil intensitas penyakit pada tanaman tomat yang diinokulasi CMV-2 (*Results of disease symptom index of the CMV inoculated tomato*)

Skor (Scoring)	P ₁	P ₂	F ₁	F _{1R}	BC _{1,1}	BC _{1,2}	F ₂
0	8	(-)	(-)	(-)	12	2	86
1	2	(-)	5	6	8	9	54
2	(-)	2	2	1	3	4	22
3	(-)	5	2	2	2	7	24
4	(-)	3	1	1	(-)	3	6
n	10	10	10	10	25	25	192
x	0,20	3,10	1,90	1,80	0,80	2,00	1,01
σ ²	0,18	0,54	1,21	1,29	0,92	1,50	1,35

Rerata kedua tetua (*Mean of mid parent*) = 1,65

P₁=Tetua agak tahan (*Rather resistant parental*) (LV-4491); P₂=Tetua rentan (*Susceptible parental*) (LV-2257); F₁=Persilangan (*Crossing*) P₁xP₂; F_{1R}=Persilangan (*Crossing*) P₂xP₁; BC_{1,1}=Silang balik (*Backcross*) F₁xP₁; BC_{1,2}=Silang balik (*Backcross*) F₁xP₂; F₂=Populasi (*Population*) F₂

Tabel 7. Nilai absorbansi 405 nm pada tanaman tomat yang diinokulasi CMV-2 (*Absorbance value at 405 nm of the CMV-2 inoculated tomato*)

Tingkat (Level)	Nilai absorbansi (Absorbance)	P ₁	P ₂	F ₁	F _{1R}	BC _{1,1}	BC _{1,2}	F ₂
1	0,100 - 0,111	6	(-)	(-)	(-)	5	(-)	18
2	0,112 - 0,123	2	(-)	(-)	(-)	2	(-)	21
3	0,124 - 0,135	2	(-)	(-)	(-)	2	2	19
4	0,136 - 0,147	(-)	(-)	1	2	4	5	17
5	0,148 - 0,159	(-)	1	1	1	4	3	13
6	0,160 - 0,171	(-)	2	2	2	1	5	26
7	0,172 - 0,183	(-)	1	2	2	4	3	24
8	0,184 - 0,195	(-)	2	1	1	3	4	39
9	0,196 - 0,207	(-)	4	3	2	(-)	3	15
n		10	10	10	10	25	25	192
x		0,1127	0,1847	0,1775	0,1715	0,1458	0,1660	0,1573
σ ²		0,00010	0,00033	0,00045	0,00049	0,00086	0,00052	0,00095

Rerata kedua tetua (*Mean of mid parent*) = 0,1487

1983 dalam Kartikaningrum dan Effendie 2005). Hal ini mengindikasikan bahwa variabilitas tingkat gejala penyakit sangat dipengaruhi oleh faktor genetik.

Varians aditif merupakan hasil kerja interaksi gen yang berasal dari kedua tetuanya yang dapat diketahui dari nilai duga heritabilitas arti sempit (h^2 ns). Nilai duga heritabilitas arti sempit pada peubah tingkat gejala penyakit (0,21) termasuk dalam kategori sedang ($0,20 \leq h^2 \leq 0,50$), sedangkan pada peubah tingkat konsentrasi virus (0,55) termasuk dalam kategori tinggi ($h^2 > 0,50$). Dari hasil tersebut diketahui sumbangan proporsi varians aditif terhadap varians genetik total dalam persilangan tanaman tomat LV-4491x LV-2257 untuk peubah tingkat gejala penyakit sekitar 41,18%, sedang untuk peubah konsentrasi virus sekitar 80,88% (Tabel 8). Hasil ini

mengindikasikan bahwa hasil kerja interaksi gen yang berasal dari kedua tetua kurang berperan penting dalam menentukan tingkat gejala penyakit. Namun sebaliknya sangat berperan dalam menentukan tingkat konsentrasi virus. Hal ini disebabkan adanya efek epistasis yang menentukan pemunculan karakter gejala penyakit CMV pada tanaman tomat (Gaswanto *et al.* 2004). Menurut Warner (1952) nilai duga heritabilitas tinggi apabila tidak ada efek epistasis dan pautan gen.

Menurut Gaswanto *et al.* (2004) terdapat korelasi positif yang sangat nyata antara intensitas serangan penyakit dengan nilai absorbansi yang mencerminkan konsentrasi virus. Dengan demikian jika seleksi ketahanan tanaman tomat terhadap CMV hanya mengandalkan tingkat gejala penyakit secara visual, efektivitasnya

Tabel 8. Nilai duga heritabilitas arti luas (h^2 bs) dan arti sempit (h^2 ns) untuk indeks gejala penyakit dan konsentrasi virus (*Estimated of broad and narrow value of heritability for disease symptoms index and virus concentration*)

Nilai duga heritabilitas (<i>Estimated value of heritability</i>)	Indeks gejala penyakit (<i>Disease symptom index</i>)	Konsentrasi virus (<i>Virus concentration</i>)
h^2 bs	0,51	0,68
h^2 ns	0,21	0,55
(h^2 ns / h^2 bs) x 100 %	41,18 %	80,88 %

kurang karena heritabilitasnya sedang. Oleh sebab itu, sebaiknya seleksi ditunjang juga dengan melihat nilai absorbansi virus (mencerminkan konsentrasi virus) karena peran gen aditif di dalamnya tinggi. Dengan demikian dalam praktiknya nanti, seleksi secara visual sebaiknya diikuti dengan seleksi secara serologi melalui uji ELISA guna meningkatkan efektivitas seleksi, sehingga pada akhirnya seleksi pada generasi awal dapat dilakukan.

KESIMPULAN

1. Seleksi ketahanan pasif tanaman tomat terhadap CMV efektif apabila diarahkan pada karakter jumlah daun sedikit, berbulu lebat, dan jumlah stomata banyak.
2. Seleksi ketahanan aktif tanaman tomat terhadap CMV efektif bila didasarkan pada indeks penyakit secara visual yang ditunjang dengan teknik serologi melalui uji ELISA, karena tingginya peran gen aditif yang mengendalikan konsentrasi virus.

PUSTAKA

1. Andreeva, I.V. 1989. Membrane Permeability and Peroxidase Activity in Soy Cultivars Differing in Resistance to Mosaic Virus. *J. Soviet Plant Physiol.* 36(4):667-674.
2. Badan Pusat Statistik. 2006. *Survei Pertanian. Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-buahan*. Agricultural Survey Statistics of Vegetable and Fruit Plant. Indonesia 2006. Badan Pusat Statistik, Jakarta – Indonesia. Katalog BPS :5216, 48 Hlm.
3. Conover, W.J. 1980. *Practical Nonparametric Statistic*. John Wiley and Sons, Inc. New York. 493p.
4. Direktorat Jenderal Hortikultura. 2006. *Statistik Hortikultura Tahun 2005* (Angka tetap). Direktorat Jenderal Hortikultura, Departemen Pertanian, Jakarta. 125p.

5. Duriat, A.S., Y. Sulyo, R. Sutarya, A. Muharam, E. Korlina dan A.A. Asandhi. 1992. Evaluasi Penggunaan Vaksin CARNA-5 pada Tanaman Cabai. *Bul. Penel. Hort.* 22(4):41-50.
6. Gaswanto, R., Taryono, dan Y.B. Sumardiyono. 2004. Estimasi Aksi dan Jumlah Gen dalam Ketahanan Tanaman Tomat terhadap CMV. *J. Agrosains* 17(3):339-346.
7. Greenleaf, W.H. 1986. Pepper Breeding. In M.J. Basset (Ed.). *Breeding Vegetables Crops*. AVI Pub. Co. Inc. Connecticut. pp. 67-134.
8. Indrayani, I.G.A.A., S. Sumartini, dan B. Hilyanto. 2007. Ketahanan Beberapa Aksesori Kapas terhadap Hama Pengisap Daun *Amrasca biguttula* (ISHIDA). *J. Littri*. 13 (3):81-87.
9. Kartikaningrum, S., dan K. Effendie. 2005. Keragaman Genetik Plasma Nutfah Anggrek *Spathoglottis*. *J. Hort.* 15(4):260-269.
10. Muharam, A. 1987. Pengaruh Waktu Inokulasi Cucumber Mosaic Virus (CMV) terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tomat Varietas Gondol Hijau. *Bul. Penel. Hort.* 15(4):1-5.
11. Nono-Wondim, R., G. Marchoux, E. Pochard, A. Palloix, and K. Gebre Selassie. 1991. Resistance of Pepper Lines to Movement of Cucumber Mosaic Virus. *J. Phytopathol.* 137:21-32.
12. Prabaningrum, L. dan T. K. Moekasan. 1996. Hama-hama Tanaman Cabai Merah dan Pengendaliannya dalam *Teknologi Produksi Cabai Merah*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hlm. 48-63.
13. Purwati, E. 1993. Pendugaan Sifat Jumlah Rongga Buah pada Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J. Hort.* 3(3):77-79.
14. Rahardjo, I.B., A. Muharam, dan Y. Sulyo. 2005. Studi Pembuatan Antiserum Poliklonal untuk Deteksi Cepat Virus Mosaic Mentimun pada Krisan. *J. Hort.* 15(2):124-128.
15. Sutarya, R., A.S. Duriat, N. Gunaeni, dan E. Korlina. 1996. Pengaruh Inokulasi Vaksin CMV-2 terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat di Lapangan. *J. Hort.* 5(5):62-66.
16. Warner, J.N. 1952. A Method for Estimating Heritability. *Agron J.* 44(8):427-430.